

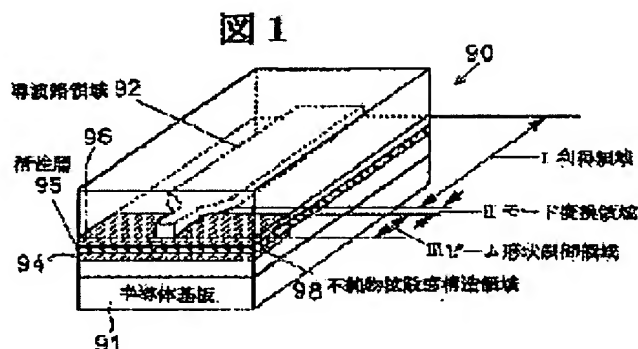
SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND OPTICAL SYSTEM DEVICE

Patent number: JP2002076512
Publication date: 2002-03-15
Inventor: TANAKA TOSHIAKI; TAKAHASHI MAKOTO
Applicant: HITACHI LTD
Classification:
- **International:** G11B7/125; H01S5/16; H01S5/223; G11B7/125; H01S5/00; (IPC1-7): H01S5/16; G11B7/125; H01S5/223
- **European:**
Application number: JP20000268345 20000905
Priority number(s): JP20000268345 20000905

Report a data error here

Abstract of JP2002076512

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser device capable of driving with low power consumption and to form laser light into circular beam. **SOLUTION:** The semiconductor laser device emits laser light from the end of an optical waveguide provided on a wafer. The optical waveguide is composed of a gain generating area for performing laser oscillation by generating optical gain; a mode converting area which is continued to the gain generating area, for making the lateral mode of laser light generated in the gain generating area into basic lateral mode, and performing the conversion control of the laser light into circular beam; and a beam form control area which is continued to the mode converting area, for stably propagating the laser light controlled in the mode converting area. A laser light emitting part in the end of the beam form control area becomes a window structure capable of reducing light absorption.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-76512
(P2002-76512A)

(43)公開日 平成14年3月15日(2002.3.15)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 1 S 5/16		H 0 1 S 5/16	5 D 1 1 9
G 1 1 B 7/125		C 1 1 B 7/125	A 5 F 0 7 3
H 0 1 S 5/223		H 0 1 S 5/223	

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 18 頁)

(21)出願番号 特願2000-268345(P2000-268345)

(22)出願日 平成12年9月5日(2000.9.5)

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72)発明者 田中 俊明
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72)発明者 高橋 誠
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(74)代理人 100083552
弁理士 秋田 収喜

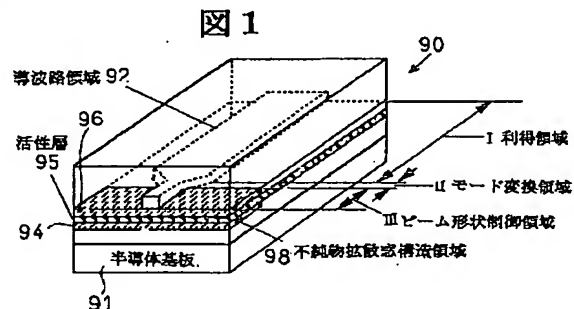
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体レーザ装置及び光システム装置

(57)【要約】

【課題】 低消費電力で駆動できる半導体レーザ装置の提供。レーザ光の円形ビーム状化を図る。

【解決手段】 半導体基板に設けた光導波路の端からレーザ光を出射する半導体レーザ装置であって、前記光導波路は、光学利得を発生してレーザ発振を行う利得発生領域と、前記利得発生領域に連なり前記利得発生領域で発生したレーザ光の横モードを基本横モードとするとともに前記レーザ光を円形ビーム状に変換制御するモード変換領域と、前記モード変換領域に連なり前記モード変換領域によって制御されたレーザ光を安定に伝搬させるビーム形状制御領域とで構成され、前記ビーム形状制御領域の端のレーザ光出射部分は光吸収を低減することのできる窓構造になっている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板に設けた光導波路の端からレーザ光を出射する半導体レーザ装置であって、前記光導波路は、光学利得を発生してレーザ発振を行う利得発生領域と、前記利得発生領域に連なり前記利得発生領域で発生したレーザ光の横モードを基本横モードとするとともに前記レーザ光を円形ビーム状に変換制御するモード変換領域と、前記モード変換領域に連なり前記モード変換領域によって制御されたレーザ光を安定に伝搬させるビーム形状制御領域とで構成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 半導体基板に設けた光導波路の端からレーザ光を出射する半導体レーザ装置であって、前記光導波路は、光学利得を発生してレーザ発振を行う利得発生領域と、前記利得発生領域に連なり前記利得発生領域で発生したレーザ光の横モードを基本横モードとするとともに前記レーザ光を円形ビーム状に変換制御するモード変換領域と、前記モード変換領域に連なり前記モード変換領域によって制御されたレーザ光を安定に伝搬させるビーム形状制御領域とで構成され、前記ビーム形状制御領域の端のレーザ光出射部分は光吸収を低減することのできる窓構造になっていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項3】 前記利得発生領域の幅は前記窓構造の幅よりも広がっていると同時に、前記利得発生領域と前記ビーム形状制御領域を接続するモード変換領域は、その幅が一定の割合に変化するパターンまたはその幅が指数関数的に変化するパターンもしくはその幅が \cos 関数的に変化するパターンとなっていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の半導体レーザ装置。

【請求項4】 前記利得発生領域から前記モード変換領域を通り前記窓構造を伝搬するレーザ光の分布強度に対する、前記窓構造の端の共振器面で反射して前記光導波路内に戻ってくるレーザ光の分布強度比は少なくとも90%以上を占めるように前記光導波路各部の形状及び寸法が設定されていることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項5】 請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の半導体レーザ装置を組み込んだ光システム装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体レーザ装置及び前記半導体レーザ装置を搭載した光情報処理装置或いは光通信装置等の光システム装置に係わり、特に光導波路（以下単に導波路とも呼称）の構造に関し、例えば、光信号処理を行うために出射面から出射するレーザ光のビーム形状を円形状に近づける技術に適用して重要な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体発光装置、特に半導体レーザ素子（半導体レーザ装置）では、高性能化に対して導波路に対する様々な試みがなされている。しかしながら、信頼度が高く精度よく制御された技術により、完成度の高い製品レベルに達している導波路素子構造についての例は少ない。

【0003】これまで例えばレーザ光源のビーム形状を円形状にして、光信号処理を行うための装置において、光学系を簡略化することや光ファイバとのカップリング効率を向上させることが試みられている。このために、狭い導波路を段差基板上に作製して、ビーム形状を円形状に近づける検討がなされている。

【0004】この例としては、（1）アプライド・フィジックス・レターズ1993年63巻pp.1736-1738頁(Appl. Phys. Lett. 1993, vol.63, pp1736-1738)、（2）エレクトロニクス・レターズ1998年34巻6号551-552頁(Electron. Lett. 1998, vol.34, No.6, pp.551-552) において示されている。

【0005】また、半導体レーザ装置において、レーザ光出射部分での光吸収の低減を図る技術として、例えば、アイ・イー・イー・イー、ジャーナル・オブ・クワンタム・エレクトロニクス(IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS), VOL.29, No.6, JUNE 1993, PP1874-1878 には、光吸収を低減する窓構造(Window Laser Diode)が開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】前記文献に記載されている例では、ストライプ幅が $1.1\mu\text{m}$ の非常に狭い導波路において、縦横レーザビーム光分布の比が1に近い円形状となっていることが報告されている。しかしながら、狭い導波路であることに影響して10mWを超える安定した高出力特性は得られておらず、高温側での出力飽和が容易に生じやすいといった課題があった。

【0007】本発明の目的は、レーザ光を円形状のビームとし、かつ低閾値高効率動作を図り、さらには高出力安定動作と高温側での出力飽和レベルの向上を達成できる半導体レーザ装置を提供することにある。

【0008】本発明の前記並びにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面から明らかになるであろう。

【0009】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち代表的なものの概要を簡単に説明すれば、下記の通りである。

【0010】（1）半導体基板に設けた光導波路の端からレーザ光を出射する半導体レーザ装置であって、前記光導波路は、光学利得を大きく発生して高出力まで安定したレーザ発振を行う利得発生領域と、前記利得発生領域に連なり前記利得発生領域で発生したレーザ光の横モードを基本横モードとするとともに前記レーザ光を円形

ビーム状に変換制御するモード変換領域と、前記モード変換領域に連なり前記モード変換領域によって制御されたレーザ光を安定に伝搬させるビーム形状制御領域とで構成され、前記ビーム形状制御領域の端のレーザ光出射部分は光吸収を低減することのできる窓構造になっている。

【0011】これにより、レーザ光を円形状のビームとすることができるとともに、低閾値高効率動作が図れ、さらには高出力安定動作と高温側での出力飽和レベルの向上を達成することができる。

【0012】また、光情報処理装置や光通信装置等の光システム装置に、光源として前記構成の半導体レーザ装置を組み込んだ場合、光学系の簡略化や光ファイバカップリング効率の向上が図れるとともに低消費電力化が達成できる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態及び実施例について説明する。なお、発明の実施の形態や実施例を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【0014】（実施形態1）本実施形態1では、光通信装置や光情報処理装置のシステム装置において、光源である半導体レーザ素子に望まれる素子特性の仕様を満足する手法について述べる。レーザ素子の特性では、高出力特性を確保しつつ、光学系の簡略化や光ファイバとのカップリング効率向上、レーザ光の有効使用効率の向上等を図るために、レーザビーム形状を円形状に制御する導波路構造の工夫が必要となる。低閾値高効率動作や低動作電流及び低動作電圧により消費電力を低減し、高温特性及び高信頼性を確保した上に、上記の高出力特性やビーム形状制御を両立させることが重要であり、本発明ではこれらの素子特性を両立させていく解決策について示す。

【0015】本実施形態1の半導体レーザ装置では、半導体レーザ素子90を構成する半導体基板91上に設ける導波路（導波路領域）92の構成を複合化して、それぞれの領域において、必要とされる機能を分担して持たせることにより要求仕様に対応させる。

【0016】本実施形態1の複合導波路構造では、少なくとも以下の3つの導波路領域に分割して、それぞれ機能を持たせる。1つには光学利得を大きく発生して高出力まで安定にレーザ発振を維持させる利得領域の導波路I（利得領域I）と、2つには該利得領域にて発生したレーザ光の横モードを基本横モードに安定に保ったまま円形状のビームに変換制御するモード変換領域の導波路II（モード変換領域II）と、さらに3つめとして該モード変換領域によってビーム形状制御されたレーザ光を安定に伝搬させるビーム形状制御領域の導波路III（ビーム形状制御領域III）とを有する。

【0017】また、本実施形態1の半導体レーザ装置では前記安定伝搬用導波路の端のレーザ光出射部分は光吸収を低減することのできる窓構造による透明導波路になっている。即ち、導波路92は半導体基板91上に設けられる活性層95や該活性層95の上下に設けられる相互に導電型が異なる光導波層94、96等によって形成される。そこで、該活性層95及び光導波層94、96を含む部分に不純物を選択的に拡散して不純物拡散窓構造領域98を形成して窓構造を形成している。窓構造部分では、光吸収を抑制し端面破壊により光出力が制限されない構造となる。

【0018】本実施形態による導波路構成に関して、まず図1を用いて説明する。図1に示す利得領域の導波路I（利得領域I）では、高出力特性に対応するため、利得を大きく発生させ光出力を大きくする構成として導波路ストライプ幅を横モードが不安定にならない範囲で広く設定する。

【0019】モード変換領域の導波路II（モード変換領域II）では、テーパ状に導波路ストライプ幅を狭くしていき、横モードの分布を制御して円形状にビームを調整する。

【0020】出射端面近傍では不純物拡散やイオン打ち込みによって透明窓構造（不純物拡散窓構造領域98）を設定し、ストライプ幅の狭い領域において光密度が大きくなっても端面破壊が生じないように透明領域導波路を構成し、レーザ光ビームが出射面に到達し高い光出力が発生できるようにする。

【0021】次に、本内容の導波路を伝搬するレーザ光の分布を制御するための設計指針を議論する。出射面でのレーザ光の遠視野像分布は円形状に近いことが望ましく、導波路の各パラメータによりビームを制御するために具体的な数値を設定することにより説明する。導波路を伝搬するレーザ光分布をビーム伝搬法によって計算し、水平垂直の遠視野像半値幅や水平垂直分布のアスペクト比及びレーザ光分布の入射反射光強度比を求めて、比較検討を行った。

【0022】図2は本内容の導波路（導波路領域）92を上面から見た概略を示すが、モード変換領域の長さを l_1 とし、ビーム形状制御領域の透明導波路の長さを l_2 として、また前面出射面のストライプ幅を w_f とし、後面出射面のストライプ幅を w_r とする。

【0023】図3では、レーザ光分布の入射反射光強度比を求める説明をする。入射光は、利得領域Iにおいて発生した導波光分布関数 $\Psi_1(x)$ がモード変換領域IIを通過して分布関数が変換されビーム形状制御領域IIIの共振器面より出射するものとされる。

【0024】仮想的に、鏡像関係にある導波路を図3の点線で示すように設けて、導波光が領域IIIの共振器面から出射し連続して伝搬していくように想定する。このようにすると、実際は領域IIIの共振器面で反射して戻

ってくる導波光の分布形状や反射光の分布を入射光分布と重ね合わせて入射反射光強度比を求めることが容易になる。この際、反射光の分布は、仮想的な領域III' を通って仮想的なモード変換領域II' において変換され領域I' における導波光の分布関数 $\Psi_r(x)$ として想定される。入射反射光強度比Crは、入射光の分布関数 $\Psi_i(x)$ と反射光の分布関数 $\Psi_r(x)$ の重ね合わせ $\Psi_i(x)\Psi_r(x)$ を積分して2乗した絶対値に対して、分布関数 $\Psi_i(x)$ の絶対値の2乗即ち $|\Psi_i(x)|^2$ の積分値及び分布関数 $\Psi_r(x)$ の絶対値の2乗即ち $|\Psi_r(x)|^2$ の積分値によって割った値として求められる。

【0025】以上をもとにして、具体的な例として、上面形状の図2に示した各導波路パラメータに対応する水平垂直の遠視野像半値幅や水平垂直分布のアスペクト比及びレーザ光分布の入射反射光強度比を見積ってみる。例として、上面形状は図2であり、断面形状は図4、図5及び図6に示した内容で、材料系はGaAs/AlGaAs系やGaInP/AlGaInP系やGaInAs/GaInAsP系及びGaInAsP/InP系に適用するものとする。

【0026】まず水平方向の遠視野像半値幅FFPhを前方出射面のストライプ幅 w_f に対応させて、その傾向についてビーム伝搬法によるビーム形状を計算することにより求めた。図7に示す結果は、後方出射面のストライプ幅 w_r が4.0 μ m、モード変換領域の長さ l_1 が20 μ m、ビーム形状制御領域の長さ l_2 が20 μ mの時に、FFPhと w_f の関係を示した結果である。この傾向により、水平方向の導波光分布を大きくするには前方出射面のストライプ幅を小さくし、3 μ mより小さくなると急激に増大することが判る。FFPhの変化は、 w_f を小さくしていくと、3倍程度の増大が見て取れる。

【0027】図8では、同様な条件のもと、垂直方向の遠視野像半値幅FFPvを前方出射面のストライプ幅 w_f に対応させて関係を求めた。 w_f に対するFFPvの変化は小さく約3度程度であることが判る。これにより、 w_f を制御してFFPvを大きく変化させず、FFPhを10度以下から2倍以上の15度以上の値にまで拡大できることが判明した。

【0028】次に図9では、垂直方向の遠視野像半値幅FFPvと水平方向の遠視野像半値幅FFPhのアスペクト比を w_f に対応させて求めた。 w_f が3 μ m以下になると、アスペクト比は1.5以下にできることが見積られた。 w_f が2 μ m強ではアスペクト比を1にでき、完全に真円状にビーム形を制御できることが判る。ここで、入射反射光強度比Crの判定は、導波光の反射によるカップリング効率を判定し、本内容のテーパ状導波路の伝搬効率やレーザ光の効率を見積っていく上で、非常に有力な判断基準となる。

【0029】図10では、入射反射光強度比Crを前方出射面のストライプ幅 w_f に対応させて、Crと w_f の関係を調べた結果である。 w_f が2 μ m以下になると急激にCrは減

少しており、反射光のカップリング効率が悪化していることが判る。Crを0.9以上に保てる有効な導波路としては、 w_f が約2.2 μ m以上である必要があり、 w_f が4 μ m以上ではCrは1に近い状況である。アスペクト比を1.5以下とし、かつ入射反射光強度比Crを0.9以上確保できる導波路としては、 w_f を2.2 μ m以上3 μ m以下の範囲が望ましい。

【0030】このようにして、各導波路パラメータに依存する水平垂直の遠視野像半値幅や水平垂直分布のアスペクト比及びレーザ光分布の入射反射光強度比を判定していくことにより、最適な導波路設計の指針を得ることが可能である。

【0031】次に、例として、水平方向の遠視野像半値幅FFPhを後方出射面のストライプ幅 w_r に対応させて、その傾向についてビーム伝搬法によるビーム形状を計算することにより求めた。図11に示す結果は、前方出射面のストライプ幅 w_f が2.6 μ m、モード変換領域の長さ l_1 が20 μ m、ビーム形状制御領域の長さ l_2 が20 μ mの時に、FFPhと w_r の関係を示した結果である。

【0032】この傾向により、ストレートの場合よりも後方出射面のストライプ幅 w_r を広くしていき、5 μ m弱まで広げることにより、FFPhを大きくできることが判る。後方出射面のストライプ幅 w_r が前方出射面のストライプ幅 w_f より約2 μ m以上広いテーパ状導波路において、最もFFPhを大きくできることが判明した。 w_r を広げると、FFPhの変化は約50%の増大が見て取れる。図12では、同様な条件のもと、入射反射光強度比Crを後方出射面のストライプ幅 w_r に対応させて関係を求めた。

【0033】 w_r に対するCrの変化はそれほど大きくないが、 w_r が5 μ m弱より大きくなると、Crは0.9よりも小さくなる。これは、 w_r を広げ過ぎても入射光と反射光のカップリング効率が悪くなることを示し、 w_r が5 μ m以上では導波路として効率の悪い伝搬となることを示唆する。これにより、 w_r を制御してFFPvを大きく変化させず、FFPhを10度以上大きく保ち上限まで大きくするには、 w_r を約4.6 μ m程度まで拡大できかつその程度の範囲までCrを大きく低減せず0.9以上を確保することが可能であることが判明した。

【0034】さらに、例として、水平方向の遠視野像半値幅FFPhをモード変換領域の長さ l_1 に対応させて、その傾向についてビーム伝搬法によるビーム形状を計算することにより求めた。図13に示す結果は、前方出射面のストライプ幅 w_f が2.6 μ m、後方出射面のストライプ幅 w_r が4.0 μ m、ビーム形状制御領域の長さ l_2 が20 μ mの時に、FFPhと l_1 の関係を示した結果である。この傾向により、モード変換領域の長さ l_1 は極端に短くてもまた非常に長くても、FFPhの値を大きくできないことが判る。 l_1 は約5 μ mから約60 μ mの範囲において、FFPhを15度以上に設定することができ、 l_1 が10 μ mから20 μ mの範囲でFFPhの最大値を得ることが可能であ

ることが判明した。

【0035】図14では、同様な条件のもと、入射反射光強度比 Cr をモード変換領域の長さ L_1 に対応させて関係を求めた。 Cr は、 L_1 が極端に短い場合を除いて0.9以上の値を示し、比較的安定な導波路形状となっている。 L_1 を10 μm 以上とすることにより、 Cr は0.9以上を確保できることが判る。これらにより、FFPhを大きく15度以上に確保するには、 L_1 を10 μm から60 μm の範囲に設定するのが望ましく、最適には10 μm ～40 μm 範囲が有効であることが見い出せる。

【0036】以上を総合して、モード変換領域を有するテーパ状導波路形状の各導波路パラメータをビーム伝搬法によって導波光の分布を見積っていくことにより、設計指針を得ることができることを示し、かつ有力な設計方針を取得できた。実際においても、図7や図9、図11及び図13における計算結果に近い実験結果を得ることができ、本計算結果を支持する傾向を得ている。本手法が有効であり、本手法による設計指針とそれに基づく結果が有力であることを示すことができた。

【0037】また本素子の導波路構造において、モード変換領域のテーパ状に設ける形状は、直線状或いは曲線状とし、直線で利得領域とビーム形状制御領域透明導波路とを結ぶか、或いは指数関数的に又は \cos in hypaboric関数的に利得領域とビーム形状制御領域透明導波路とを結ぶことにより構成されている。これらは要求される素子特性の仕様やシステム装置の仕様により、目的に応じてレーザ光の分布を滑らかに低損失で変換していき利得領域とビーム形状制御領域透明導波路の間を安定に導波伝搬できるようにすることが有効である。図15はモード変換領域の導波路IIの縁が指数関数的に変化する例である。このようなパターンにすることによって損失の低減を直線的に変化する場合に比較して少なくすることができる。

【0038】本実施形態1の半導体レーザ素子は、モード変換領域IIにおいて低損失で円形状のビーム光に変換でき、かつ窓構造を有する透明導波路を通して高出力特性が達成できるので、低閾値でかつ高効率のレーザ動作が可能である。これに伴い、高出力時における動作電流を低減できかつ動作電圧を低減できる。これらにより、従来の手法に比べて、レーザ素子の高出力動作における低消費電力化を実現でき、レーザ素子を駆動するドライバ装置の消費電力低減につなげることができる。

【0039】本実施形態1の導波路構造では、上記特性改善により高出力安定動作が得られ、かつシステム装置に必要な高出力時における動作電流を20～30%低減し、高出力時の動作電圧についても、10～20%の改善が可能であった。さらにレーザ素子を駆動するドライバ装置では、本手法により25%から30%の低消費電力を図ることが達成できた。本素子を光源とすることにより、実際に使用される環境でのシステム実用特仕様を

すべて満足する光通信や光情報処理のシステム装置を提供する。

【0040】次に本発明の実施例について以下に説明する。本発明は、光ピックアップ系を構成する光記録用光源やシステム装置、あるいは光増幅器系を構成する光ファイバ通信用信号増幅光源やシステム装置に対して適用できる。また本半導体レーザ素子を組み込むことによって、低消費電力で駆動するドライバ装置、低消費電力化システム装置を提供することができる。

【0041】(実施例1)図1、図4、図5及び図6は本実施例1による半導体レーザ素子の構造を示す図である。図16(a)、(b)～図22(a)、(b)は半導体レーザ素子の製造における各製造工程で断面を示す図である。図16(a)、(b)～図22(a)、

(b)の各図において、左側の図(a)は端面部窓構造領域を示し、右側の図(b)は半導体レーザ素子の中央の導波路部分を示すものである。

【0042】半導体レーザ素子の構造については、製造説明を行いつつ説明する。本実施例1の半導体レーザ素子90は、図1に示すように、導波路(導波路領域)92は、利得領域Iと、この利得領域Iに連なるモード変換領域II及びこのモード変換領域IIに連なるビーム形状制御領域IIIとによって構成される複合導波路構造となっている。利得領域Iの一端はレーザ光を出射する出射面となっている。また、レーザ光を出射するビーム形状制御領域IIIの端の部分は不純物拡散窓構造領域98となっていて、光吸収を低減させて損失を抑止する構造になっている。

【0043】半導体レーザ素子90は、半導体基板91の一面(主面)側にそれぞれ複数の半導体層を形成し、それらの幾つかの層を加工して導波路(導波路領域)92を形成している。例えば、半導体基板91と同じ導電型からなる光導波層94上に活性層95を形成し、その上に逆導電型からなる光導波層96が形成され、この光導波層96の上方の層によって導波路(導波路領域)92が形成されている。

【0044】次に、具体的な半導体レーザ素子90の素子構造について、その製造に基づいて説明する。本実施形態1では、図1に示すように、モード変換領域が片側に1つで、片側前方出射面にのみテーパ状導波路を設けた場合について説明する。

【0045】図16(a)、(b)に示すように、(100)面方位から[011]方向に10°オフしたn型GaAs傾角基板(半導体n型GaAs基板)1上に、n型GaAs緩和層2、n型AlGaInP光導波層3、圧縮歪GaInP量子井戸層3層と引張歪AlGaInP量子障壁層4層及び両側の無歪AlGaInP光分離閉じ込め層からなる歪補償多重量子井戸構造活性層4、p型AlGaInP光導波層5、p型AlGaInPエッチング停止層6までを順次有機金属気相成長(MOVPE)法によりエピタキシャル成長させる。

【0046】次に、図16(a)に示すように、共振器端面部のビーム形状制御に相当する領域に対して、イオン打ち込みや不純物拡散による混晶化によって共振器内部の活性層より共振器端面部の活性層の禁制帯幅が大きくなるようにした窓構造領域7を形成し、レーザ光を吸収しない透明窓導波路とする。

【0047】このとき、ホトリソグラフィーを利用して、図2における透明窓導波路の長さ L_2 は、 $2\mu\text{m}$ から $100\mu\text{m}$ の範囲とし、望ましくは $5\mu\text{m}$ から $70\mu\text{m}$ の範囲、最適には $10\mu\text{m}$ から $50\mu\text{m}$ の範囲として設定する。

【0048】次に、図17(a)、(b)に示すように、p型AlGaInP 光導波層8、p型GaInP 層9を結晶成長させる。その後、図18(a)、(b)に示すように、絶縁膜マスク100を形成した後、ホトリソグラフィー工程とエッチングにより、層6に到るまで層9及び8を除去することにより、断面形状は図4に示すメサ形状であり、上面形状は図2に示すテーパー状の導波路となるリッジストライプを形成する。

【0049】次に、図19(a)、(b)に示すように、n型AlGaAs又はAlGaInP 透明電流狭窄層10を埋め込み選択成長する。層10は、レーザ光のエネルギーよりも大きな禁制帯幅をもちかつ光導波層8よりも屈折率の小さな半導体層からなる。これにより、リッジストライプは屈折率導波構造を有し、活性層横方向において実屈折率差のある屈折率導波構造が形成される。この先は、共振器端面部のビーム形状制御領域とモード変換領域及び利得領域において、同一の作製工程により断面形状の異なる導波路が構成される。即ち、リッジストライプを形成したときの絶縁膜マスク100において、共振器端面部のビーム形状制御領域とモード変換領域に相当する長さまでをエッチング除去する。

【0050】次に、図20(a)、(b)に示すように、n型AlGaAs又はAlGaInP 電流非注入層11を選択成長させる。その後、絶縁膜マスクをすべて取り除いて、p型AlGaInP/GaInP 光導波層12及びp型GaAsコンタクト層13を結晶成長し埋め込む。

【0051】次に、図21(a)、(b)に示すように、電流狭窄を行う絶縁膜マスク14を形成する。

【0052】次に、p型GaAsコンタクト層13上にp側電極15を形成するとともに、n型GaAs傾角基板1の裏面側にn側電極16を蒸着し、劈開スクライプすることにより素子を切り出す。

【0053】これらの各処理加工により、図4に示す共振器端面部のビーム形状制御領域かつ透明窓構造領域に相当する構造断面と、図5に示すモード変換領域に相当する構造断面と、図6に示す利得領域に相当する構造断面を有する素子構造を得ることができる。

【0054】この際、電流非注入層11により、透明窓構造領域とモード変換領域は電流注入がなされず利得を

発生しない領域となり、透明窓構造領域とモード変換領域以外は電流が注入され利得の発生によりレーザ発振する利得領域となる。モード変換領域の長さは、 $0\mu\text{m}$ から $200\mu\text{m}$ の範囲とし、望ましくは $5\mu\text{m}$ から $120\mu\text{m}$ の範囲、最適には $10\mu\text{m}$ から $60\mu\text{m}$ の範囲に設定した。また、透明窓構造領域の導波路ストライプ幅は $1\mu\text{m}$ から $20\mu\text{m}$ の範囲とし、望ましくは $1.5\mu\text{m}$ から $10\mu\text{m}$ の範囲、最適には $2\mu\text{m}$ から $7\mu\text{m}$ の範囲に設定した。

【0055】本素子は、発光活性層の量子井戸層の設計により波長 $635\sim 690\text{nm}$ 範囲で発振させることができ、最大光出力は $150\sim 200\text{mW}$ を達成した。出射端面部からの遠視野像半値幅を垂直方向 $15\sim 24$ 度と水平方向 $13\sim 18$ 度とアスペクト比 1.0 から 1.5 の範囲を得ることができ、円形状のビーム形状を達成することができた。また、室温の閾値電流は $20\sim 40\text{mA}$ 、スロープ効率は $0.8\sim 1.2\text{mW/mA}$ を得ることができた。

【0056】本素子では、従来構造の素子に比べて、閾値電流を $20\sim 30\%$ 低減、スロープ効率を $30\sim 40\%$ 向上させた。動作電流の低減と併せて動作電圧の低減を図ることができ、消費電力を 20% から 30% 低減できた。温度 80°C で少なくとも 50mW の高出力安定動作が可能であり、1万時間以上にわたって動作継続した。本手法を用いた複合導波路構造により、連続電流やパルス電流による駆動時においても、光記録システムから要求される光出力特性を満足することができ、本素子を駆動するドライバ装置の消費電力を 20% から 30% 低減することが可能であった。本素子による低消費電力駆動のドライバ装置を実現でき、本ドライバ装置を搭載したシステム装置を提供できる。

【0057】(実施例2) 本発明の実施例2について図23を用いて説明をする。実施例1と同様に阻止を作成するが、層6まで同様に結晶成長した後、イオン打ち込みや不純物拡散によって窓構造を図23に示すように共振器端面の両側に形成する。その後は、実施例1と全く同様にして、素子を作製し図23の素子構造図を得る。

【0058】本実施例2によると、実施例1と同様に遠視野像アスペクト比を 1.0 から 1.5 の範囲に設定でき円形状のビーム形状を得ることができる上に、最大光出力を向上させ $250\sim 300\text{mW}$ にまで達成した。温度 80°C で少なくとも 80mW の高出力安定動作が可能であり、1万時間以上にわたって動作継続した。本手法を用いた導波路構造により、連続電流やパルス電流による駆動時においても、光記録システムから要求される光出力特性を満足することができ、本素子を駆動するドライバ装置の消費電力を 20% から 25% 低減することが可能であった。本素子による低消費電力駆動のドライバ装置を実現でき、本ドライバ装置を搭載したシステム装置を提供できる。

【0059】(実施例3) 本発明の実施例3について、図24を用いて説明する。本実施例3においても実施例2と同様に素子を作製するが、層8や9を同様に結晶成長した後、テーパ状の導波路ストライプを共振器両側領域に形成する。窓構造領域は、イオン打ち込みや不純物拡散によって図24に示すように共振器端面の両側に形成する。その後は、実施例1や2と全く同様にして、素子を作製し図24の素子構造図を得る。

【0060】本実施例によると、実施例1と同様に遠視野像アスペクト比を1.0から1.5の範囲に設定でき円形状のビーム形状を得ることができる上に、素子特性は実施例2と同様なレベルを達成した。本手法を用いた導波路構造により、連続電流やパルス電流による駆動時においても、光記録システムから要求される光出力特性を満足することができ、本素子を駆動するドライバ装置の消費電力を20%から25%低減することが可能であった。本素子による低消費電力駆動のドライバ装置を実現でき、本ドライバ装置を搭載したシステム装置を提供できる。

【0061】(実施例4) 本発明の実施例4について図25を用いて説明する。実施例1と同様に素子を作製するが、層9まで同様に結晶成長した後、図25に示すように層9からイオン打ち込みや不純物拡散によって窓構造を形成する。窓構造領域は実施例1のように共振器端面の片側に作製するか、実施例2や3のように共振器端面の両側に作製する。その後は、実施例1や2及び3と全く同様にして、素子を作製し図25の素子構造断面図を得る。

【0062】本実施例によると、実施例1や2及び3と同様に遠視野像アスペクト比を1.0から1.5の範囲に設定でき円形状のビーム形状を得ることができる上に、実施例1から3の素子特性と同様なレベルを得ることが可能であった。本手法を用いた導波路構造により、連続電流やパルス電流による駆動時においても、光記録システムから要求される光出力特性を満足することができ、本素子を駆動するドライバ装置の消費電力を20%から25%低減することが可能であった。本素子による低消費電力駆動のドライバ装置を実現でき、本ドライバ装置を搭載したシステム装置を提供できる。

【0063】(実施例5) 本発明の実施例5について、図26を用いて以下に説明する。図26において、まず(100)面方位を有するn型GaAs基板(半導体n型GaAs基板)17上に、n型GaAs緩和層18、n型AlGaAs又はGaInP光導波層19、圧縮歪GaInAs量子井戸層2層と無歪AlGaAs量子障壁層又は引張歪GaInAsP量子障壁層3層及び両側の無歪AlGaAs又はGaInAsP光分離閉じ込め層からなる歪多重量子井戸構造活性層20、p型AlGaAs又はGaInP光導波層21、p型GaInAsPエッチング停止層22を結晶成長する。その後、共振器端面のビーム形状制御に相当する領域に対して、イオン打ち込みや不純物拡散

による混晶化によって共振器内部の活性層より共振器端面の活性層の禁制帯幅が大きくなるようにしたp型AlGaAs又はGaInAsPからなる窓構造領域21を形成し、レーザ光を吸収しない透明窓導波路とする。このとき、ホトリソグラフィを利用して、図26における透明窓導波路の長さ l_2 は、 $2\mu\text{m}$ から $100\mu\text{m}$ の範囲とし、望ましくは $5\mu\text{m}$ から $70\mu\text{m}$ の範囲、最適には $10\mu\text{m}$ から $50\mu\text{m}$ の範囲として設定する。次に、p型AlGaAs又はGaInP光導波層24、p型GaAs又はGaInAsP層25を結晶成長し、絶縁膜マスクを形成した後、ホトリソグラフィ工程とエッチングにより、層22に到るまで層25及び24を除去することにより、断面形状は図26に示すメサ形状であり、上面形状は図2に示すテーパ状の導波路となるリッジストライプを形成する。

【0064】次に、n型AlGaAs又はAlGaInP透明電流狭窄層26を埋め込み選択成長する。層26は、レーザ光のエネルギーよりも大きな禁制帯幅をもちかつ光導波層8よりも屈折率の小さな半導体層からなる。これにより、リッジストライプは屈折率導波構造を有しており、活性層横方向において実屈折率差のある屈折率導波構造が形成される。この先は、共振器端面のビーム形状制御領域とモード変換領域及び利得領域において、同一の作製工程により断面形状の異なる導波路が構成される。即ち、リッジストライプを形成したときの絶縁膜マスクにおいて、共振器端面のビーム形状制御領域とモード変換領域に相当する長さまでをエッチング除去し、その後n型AlGaAs又はAlGaInP電流非注入層27を選択成長させる。その後、絶縁膜マスクをすべて取り除いて、p型AlGaAs又はGaInP光導波層28及びp型GaAsコンタクト層29を結晶成長し埋め込む。次に電流狭窄を行う絶縁膜マスク30を形成した後、最後にp側電極31とn側電極32を蒸着し、劈開スクライプすることにより素子を切り出す。これらにより、共振器端面のビーム形状制御領域かつ透明窓構造領域に相当する構造断面と、モード変換領域に相当する構造断面と、利得領域に相当する構造断面を有する素子構造を実施例1と同様に得ることができる。この際、電流非注入層27により、透明窓構造領域とモード変換領域は電流注入がなされず利得を発生しない領域となり、透明窓構造領域とモード変換領域以外は電流が注入され利得の発生によりレーザ発振する利得領域となる。モード変換領域の長さは、 $0\mu\text{m}$ から $200\mu\text{m}$ の範囲とし、望ましくは $5\mu\text{m}$ から $120\mu\text{m}$ の範囲、最適には $10\mu\text{m}$ から $60\mu\text{m}$ の範囲に設定した。また、透明窓構造領域の導波路ストライプ幅は $1\mu\text{m}$ から $20\mu\text{m}$ の範囲とし、望ましくは $1.5\mu\text{m}$ から $10\mu\text{m}$ の範囲、最適には $2\mu\text{m}$ から $7\mu\text{m}$ の範囲に設定した。窓構造領域は実施例1のように共振器端面の片側に作製するか、実施例2や3のように共振器端面の両側に作製する。

【0065】本素子は、発光活性層の量子井戸層の設計

により波長970～990nm範囲で発振せることができ、最大光出力は800～900mWを達成した。実施例1から4までと同様に、出射端面部からの遠視野像半値幅を垂直方向15～24度と水平方向13～18度とアスペクト比を1.0から1.5の範囲を得ることができ、円形状のビーム形状を達成することができた。また室温の閾値電流は20～30mAスロープ効率0.9～1.3mW/mAを得ることができた。本素子では、従来の吸収層埋め込み構造の素子に比べて、閾値電流を20%～25%低減、スロープ効率を30～40%向上させたことになる。温度70℃で少なくとも500mWの高出力安定動作が可能であり、10万時間以上にわたって動作継続した。本手法を用いた導波路ストライプ構造により、連続電流やパルス電流による駆動時においても、光通信システムの増幅器に要求される光出力特性を満足することができ、本素子を駆動するドライバ装置の消費電力を15%から25%低減することが可能であった。本内容により、本素子を搭載した低消費電力駆動のドライバ装置を搭載したシステム装置を提供できる。

【0066】(実施例6) 本発明の実施例6について図27を用いて説明する。実施例5と同様に素子を作製するが、層25まで同様に結晶成長した後、図27に示すように層25からイオン打ち込みや不純物拡散によって窓構造を形成する。窓構造領域は実施例1のように共振器端面部の片側に作製するか、実施例2や3のように共振器端面部の両側に作製する。その後は、実施例5と全く同様にして、素子を作製し図27の素子構造断面図を得る。

【0067】本実施例によると、実施例1から5と同様に遠視野像アスペクト比を1.0から1.5の範囲に設定でき円形状のビーム形状を得ることができる上に、実施例5の素子特性と同様なレベルを得ることが可能であった。本手法を用いた導波路ストライプ構造により、連続電流やパルス電流による駆動時においても、光通信システムの増幅器に要求される光出力特性を満足することができ、本素子を駆動するドライバ装置の消費電力を15%から25%低減することが可能であった。本内容により、本素子を搭載した低消費電力駆動のドライバ装置を搭載したシステム装置を提供できる。

【0068】(実施例7) 本発明の実施例7について、図28を用いて説明する。本発明における実施例1から4までの半導体レーザ素子を光記録システム装置の光源に搭載して、図28に示すような光ピックアップ系を構成した。

【0069】即ち、光ピックアップ系は、図28に示すように、半導体レーザ素子39から出射されるレーザ光42は、偏光分離回折格子38、λ/4板37を順次通過し、ビームスプリッター36および立ち上げミラー35でそれぞれ光路を変え、光学凸レンズ34を通して光ディスク33の記録面に集光し結像する。また、光ディ

スク33で反射した反射光42bは、光学凸レンズ34を通り、立ち上げミラー35で反射され、ビームスプリッター36を通過し、その後光学凸レンズ40で集光されて受光素子41の受光面に集光する。

【0070】本実施例によれば、光源である半導体レーザ素子39は、出射端面部からレーザ光分布のアスペクト比を1.0から1.5の範囲で得ることができ、レーザ光分布を円形状のビーム形状として制御できる。このため、図28の光ピックアップ系において、従来ではビーム整形を行うビームスプリッタープリズムを必要としたが、円形状のレーザ光分布を有する本光源を適用することにより、ハーフミラーによるビームスプリッター36を挿入するだけでよく光学系を簡略化低価格化させることが可能であった。

【0071】本レーザ光源は雰囲気温度80℃でも光出力80mWで動作することが確認でき、周波数2GHz以上のパルス駆動に対する高速変調特性、また戻り光量5%の時でも-135dB/Hz以下の低雑音特性を得ることができ、システム要求仕様をすべて満足することが可能であった。また、本発明の半導体レーザ素子の特性改善により、素子を駆動するドライバ電源の低消費電力化が可能となり、従来素子を駆動するよりも25%から30%の消費電力低減を可能とした。本素子を光源として光ピックアップに搭載した光記録システム装置は、10⁶回以上の書き換え回数を達成し、1万時間以上の連続動作にも安定継続した。

【0072】(実施例8) 本発明の実施例8について図29を用いて説明する。本実施例8では、実施例4と同様に素子を作製するが、共振器端面のビーム形状制御領域の断面形状を示す図29において、最初に(100)面方位から[011]方向に10°オフしたn型GaAs傾角基板(半導体n型GaAs基板)43上に、n型GaInP 緩和層44、n型AlGaAs又はAlGaInP 光導波層45、AlGaInAs量子井戸層3層とAlGaAs量子障壁層4層及び両側の無歪AlGaAs光分離閉じ込め層からなる多重量子井戸構造活性層46、p型AlGaAs光導波層47、p型AlGaInP エッチング停止層48、p型AlGaAs光導波層49、p型GaAs層50までを順次有機金属気相成長(MOVPE)法によりエピタキシャル成長させる。

【0073】次に、ホトリソグラフィーを利用して、図29の左半分に相当する領域を層44までエッチング除去する。その後、n型AlGaInP 光導波層51、圧縮歪GaInP量子井戸層3層と引張歪AlGaInP 量子障壁層4層及び両側の無歪AlGaInP 光分離閉じ込め層からなる歪補償多重量子井戸構造活性層52、p型AlGaInP 光導波層53、p型AlGaInP エッチング停止層54、p型AlGaInP 光導波層55、p型GaInP 層56を結晶成長する。

【0074】次に、共振器端面部のビーム形状制御に相当する領域に対して、イオン打ち込みや不純物拡散による混晶化によって共振器内部の活性層より共振器端面部

の活性層の禁制帯幅が大きくなるようにした窓構造領域57を形成し、レーザ光を吸収しない透明窓導波路とする。このとき、ホトリソグラフィーを利用して、透明窓導波路の長さL2は、2 μ mから100 μ mの範囲とし、望ましくは5 μ mから70 μ mの範囲、最適には10 μ mから50 μ mの範囲として設定する。

【0075】次に、ホトリソグラフィー工程とエッチングにより、右半分における層48と左半分における層54に到るまでそれぞれ層50、49と層56、55を除去することにより、断面形状は図29に示すメサ形状であり、上面形状は図2に示すテーパー状の導波路となるリッジストライプを形成する。

【0076】その後、n型AlGaAs又はAlGaInP 透明電流狭窄層58を埋め込み選択成長する。層58は、レーザ光のエネルギーよりも大きな禁制帯幅をもちかつp型AlGaInPからなる光導波層8よりも屈折率の小さな半導体層からなる。これにより、リッジストライプは屈折率導波構造を有し、活性層横方向において実屈折率差のある屈折率導波構造が形成される。

【0077】この先は、共振器端面部のビーム形状制御領域とモード変換領域及び利得領域において、同一の作製工程により断面形状の異なる導波路が構成される。即ち、リッジストライプを形成したときの絶縁膜マスクにおいて、共振器端面部のビーム形状制御領域とモード変換領域に相当する長さまでをエッチング除去し、その後n型AlGaAs又はAlGaInP 電流非注入層59を選択成長させる。

【0078】その後、絶縁膜マスクをすべて取り除いて、p型AlGaAs又はAlGaInP/GaInP 光導波層60及びp型GaAsコンタクト層61を結晶成長し埋め込む。次に電流狭窄を行う絶縁膜マスク62を形成した後、最後にp側電極63とn側電極64を蒸着し、劈開スクライプすることにより素子を切り出す。

【0079】これらにより、共振器端面部のビーム形状制御領域かつ透明窓構造領域に相当する構造断面と、モード変換領域に相当する構造断面と、利得領域に相当する構造断面を有する素子構造を得ることができる。この際、電流非注入層59により、透明窓構造領域とモード変換領域は電流注入がなされず利得を発生しない領域となり、透明窓構造領域とモード変換領域以外は電流が注入され利得の発生によりレーザ発振する利得領域となる。

【0080】モード変換領域の長さは、0 μ mから200 μ mの範囲とし、望ましくは5 μ mから120 μ mの範囲、最適には10 μ mから60 μ mの範囲に設定した。また、透明窓構造領域の導波路ストライプ幅は1 μ mから20 μ mの範囲とし、望ましくは1.5 μ mから10 μ mの範囲、最適には2 μ mから7 μ mの範囲に設定した。

【0081】また2つの異なる波長を有するレーザ光を

発生する導波路ストライプ構造は、モノリシックに集積することにより、非常に接近させて設けることができ、その間隔は10 μ mから200 μ mの範囲、望ましくは50 μ mから100 μ mの範囲に設定して構成することが可能であった。

【0082】本実施例によると、異なる発振波長の活性層及び導波路を同一基板上にモノリシックに集積した半導体レーザ光源を形成し、どちらのレーザ光分布もアスペクト比1.0から1.5範囲の円形状のビーム形状に制御でき、かつ最大光出力を200mW以上に設定できる構成を可能とした。本内容により、同一光学系を通した2つの異なる発振波長を有するレーザ光源を搭載した光ピックアップ系を構成できるので、従来波長ごとに別々に光学系を組んでいたシステムを1つの光学系に統一することが可能であった。この際、本素子は円形状のビーム形状を有しているため、ビーム整形用のプリズムやレンズは必要とせず、光学部品の点数を低減する上でも有効である。

【0083】図29において、右半分の導波路ストライプ構造では、発光活性層の量子井戸層の設計により波長635～690nm範囲で発振させることができ、最大光出力は250～300mWを達成できる、実施例4の素子特性と同様の特性を得ることができた。

【0084】また図29の右半分の導波路ストライプ構造では、発光活性層の量子井戸層の設計により波長760～880nm範囲で発振させることができ、最大光出力は350～400mWを達成できる素子特性を得ることができた。両者の導波路ストライプ構造において、出射端面部からの遠視野像半値幅を垂直方向15～24度と水平方向13～18度とアスペクト比1.0から1.5の範囲を得ることができ、円形状のビーム形状を達成することができた。また室温の閾値電流は20～40mA、スロープ効率0.9～1.3mW/mAを得ることができた。

【0085】本素子では、従来構造の素子に比べて、閾値電流を20～30%低減、スロープ効率を30～40%向上させた。動作電流の低減と併せて動作電圧の低減を図ることができ、消費電力を20%から30%低減できた。両者の導波路ストライプ構造において、温度80℃で少なくとも80mW以上の高出力安定動作が可能であり、1万時間以上にわたって動作継続した。

【0086】本手法を用いた複合導波路構造により、連続電流やパルス電流による駆動時においても、光記録システムから要求される光出力特性を満足することができ、本素子を駆動するドライバ装置の消費電力を20%から30%低減することが可能であった。また本素子による低消費電力駆動のドライバ装置を実現でき、本ドライバ装置を搭載したシステム装置を提供できる。

【0087】(実施例9) 本発明の実施例9について、図30を用いて説明する。本発明における実施例8の異

なる2つの波長を有する図29のモノリシック集積半導体レーザ素子を光記録システム装置の薄膜小型集積光ヘッドモジュール66に搭載して、図30に示すような光ピックアップ系を構成した。

【0088】薄膜小型集積光ヘッドモジュール66は、Si基板上に受光素子と受光信号分割処理回路、及びレーザ素子駆動回路を光電子回路としてモノリシックに集積しており、そのSi基板上に図29の本素子をハイブリッド集積してある構成である。また薄膜小型集積光ヘッドモジュール66には、レーザ光の出射する窓には分離回折格子が設けてあり、戻り光を回折させて受光信号を分割して信号処理するように構成してある。

【0089】光源である2つのレーザ素子は、1つは発振波長650～660nmであり、もう1つは発振波長780～790nmを有しており、かつ両者のレーザ光分布はアスペクト比1.0から1.5範囲の円形状のビーム形状として制御できている。このため、従来の光ピックアップ系に比べて格段に光学部品点数を低減した光ヘッド構成を取ることを可能とし、図30に示すように光学系の簡略化と低価格化に有利でありかつ薄膜の超小型光ヘッドを実現可能であった。

【0090】本内容による2つの異なる発振波長を有するレーザ素子は、発振波長650～660nmのレーザ光をDVD-ROM及びDVD-R、DVD-RAMのDVD媒体メモリ記録再生に対応させ、発振波長780～790nmのレーザ光をCD-ROM及びCD-R、CD-RWのCD媒体メモリ記録再生に対応させることに適用できる。上記のように、2つのレーザ光を独立に使用し、役割をそれぞれ分離して目標仕様に併せた使用方法が可能である。

【0091】レーザ光69は、波長の異なる円形状の2つのビームを有するレーザ光に相当し、2つのレーザ光はほぼ同一光路を通過して媒体上のメモリに収束させることができる。これには、2つの異なる波長のレーザ光がモノリシックに集積されて非常に接近させて設けることができること、かつ両者のレーザ光分布が円形状のビーム形状に制御されていることが大きく寄与している。また本レーザ光源は、雰囲気温度80℃でも光出力80mWで動作することが確認でき、周波数2GHz以上のパルス駆動に対する高速変調特性、また戻り光量5%の時でも-135dB/Hz以下の低雑音特性を得ることができ、システム要求仕様をすべて満足することが可能であった。

【0092】また、本発明の半導体レーザ素子の特性改善により、素子を駆動するドライバ電源の低消費電力化が可能となり、従来素子を駆動するよりも25%から30%の消費電力低減を可能とした。本素子を光源として光ピックアップに搭載した光記録システム装置は、10⁶回以上の書き換え回数を達成し、1万時間以上の連続動作にも安定継続した。

【0093】(実施例10)本発明における実施例5及び6の半導体レーザ素子を光源として送信システム装置系に搭載し、図31に示すような半導体レーザ装置を構成し、図32に示す送受信系においてファイバ増幅系システムとして組み込んだ。

【0094】半導体レーザ装置は、偏平矩形体からなるパッケージ110の両側からはパタフライ型に複数のリード111が突出した構造になっている。また、パッケージ110の一端面からは光ファイバケーブル112が突出している。図31の上方の図は、パッケージ110内の拡大図である。この図において、パッケージ110内に固定されるサブキャリア113上には、サブマウント114を介して本実施例による半導体レーザ素子90が固定されている。

【0095】また、サブキャリア113上には、光ファイバ115の先端が固定されている。この光ファイバ115はウエッジ型となり、先端はペンシル型に突出している。光ファイバ115は中心はコア116となり、その外側をクラッド層117で覆った構造となっている。クラッド層117の表面は金属層等からなる被覆層118で覆われている。半導体レーザ素子90の出射面から出射されたレーザ光42はコア116及びクラッド層117内に取り込まれ、光ファイバ115内を伝送される。

【0096】ファイバ増幅系システムは、図32に示すように、分波器71に、入力光70として、例えば1.55μmのレーザ光信号が入力される。分波器71は入力光70を混合器72及び自動制御装置79に分波する。自動制御装置79は分波器71から送られてきた光信号に基づいて980nm半導体レーザ素子搭載増幅系モジュール77aを制御する。980nm半導体レーザ素子搭載増幅系モジュール77aから出射されたレーザ光は混合器72で混合されて伝送されるとともに、ファイバ増幅73で増幅されて混合器74に至り、かつ分波器75に伝送される。ファイバ増幅73はErドープ光ファイバ増幅となる。

【0097】分波器75は送られてきた光を分波し、一部を自動制御装置79にフィードバックする。自動制御装置79はフィードバックされてきた光信号に基づいて980nm半導体レーザ素子搭載増幅系モジュール77bを制御する。980nm半導体レーザ素子搭載増幅系モジュール77bから出射されたレーザ光は混合器74で混合されて分波器75に伝送される。混合器74の出力光は常にフィードバックされるとともに、分波器75からは出力光76が出射される。この出力光76は、1.55μmレーザ光信号出力光となる。

【0098】980nm半導体レーザ素子搭載増幅系モジュール77a、77bは、冷却装置78によって温度制御され、常に安定した状態で動作する。

【0099】本レーザ素子では、遠視野像アスペクト比

を1.0から1.5範囲の円形状のビーム形状を得ることができるので、ウェッジ光ファイバに対してカップリング効率を向上させることができた。

【0100】増幅器系モジュール内に実装したレーザ素子は、少なくとも光出力500mW以上で動作でき、本素子を光源とする光増幅器装置はファイバ出射端においても400～450mWの光出力を達成し、カップリング効率を80～90%を確保することができた。これにより、送信用1.55 μ mレーザ信号光を十分増幅し、システムにおける要求仕様を満足できた。本内容では、レーザ素子を駆動するドライバ電源の低消費電力化を可能とし、また従来素子を駆動するよりも25%から30%の消費電力低減を達成でき、10万時間以上の安定動作も確保できた。

【0101】本内容により、本素子を搭載した低消費電力駆動のドライバ装置を実現でき、本ドライバ装置を搭載した光通信システム装置を提供できる。

【0102】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、下記の通りである。

【0103】(1)本発明によると、光信号処理を行う光情報処理システム装置及び光通信システム装置の光源である半導体レーザ装置に対して、領域により機能を持たせた複合導波路構造を設けることにより、ビーム形状が制御できる基本横モードを導波路に伝搬させ高出力特性を維持しながら、低閾値高効率動作、低動作電流及び低動作電圧を両立させた低消費電力の駆動を可能にした。

【0104】(2)本半導体レーザ素子では、縦横のレーザ分布拡がり制御して縦横アスペクト比を1.0～1.5の範囲であるビーム形状に制御し、かつ光出力は少なくとも50mWを確保しそれ以上に高く安定な光出力を長期に渡って維持できる、レーザ特性と長期信頼性を達成した。高出力時における動作電流を各素子とも20%～30%低減でき、動作電圧についても少なくとも10%以上の改善が可能であった。これにより、レーザ素子を駆動するドライブ装置では、25%から30%の低消費電力を図ることができた。

【0105】(3)本発明の実施例によると、光信号処理を行う光通信システム装置及び光情報処理システム装置の光源である半導体レーザ装置に対して、領域により機能を持たせた複合導波路構造を設けることによって、レーザ素子を駆動するドライブ装置では、25%から30%の低消費電力を図り、縦横のレーザ分布拡がり制御して縦横アスペクト比を1.0～1.5範囲の円形状ビーム形状に制御した。これにより、ビーム形状を円形に制御する基本横モードの安定な導波伝搬とレーザ光の高出力特性を両立させた。本内容により、光記録装置やレーザビームプリンタ装置等における光学系を利用した

光情報処理装置では、従来必要であったレーザ光を集光する際のビーム整形用のプリズムやシリンダカルレンズを省略できる、或いは安価な光学レンズでの代用を可能とした。さらにレーザ光と記録媒体との光路長を短くでき、光路長においてレーザ光分布の整形に要する光損失を低減できるので、レーザ光の有効使用効率を改善できた。

【0106】(4)また、Erドープ光ファイバ増幅用のレーザ光源では、高出力特性を維持しつつ、レーザ光の縦横アスペクト比を1.0～1.5の範囲に制御できるため、光ファイバとの光結合カップリング効率を20～25%程度改善でき、その分レーザ光の有効使用効率、Erイオン励起効率を向上させることが可能であった。送信システム装置の光増幅器に搭載して、光ファイバ励起用レーザ光出力とファイバ出射端光出力の比は85～90%を得ることができ、波長多重システム光伝送に要求される送信用1.55 μ mレーザ光の信号増幅を十分達成することが可能であった。本内容は、光通信のシステム装置に適する光源についても適用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態（実施形態1）である半導体レーザ素子の模式的斜視図である。

【図2】本実施形態1の半導体レーザ素子の複合導波路構造概略を示す模式的平面図である。

【図3】本実施形態1の複合導波路構造を伝搬するレーザ光と仮想的に反射するレーザ光の分布を示す平面的模式図である。

【図4】本実施形態1の半導体レーザ素子において、複合導波路の窓構造を有した透明導波領域を示す構造断面図である。

【図5】本実施形態1の半導体レーザ素子において、複合導波路のモード変換領域を示す構造断面図である。

【図6】本実施形態1の半導体レーザ素子において、複合導波路の利得領域を示す構造断面図である。

【図7】本発明のモード変換領域を伝搬する導波光の水平方向遠視野像半値幅と出射導波路幅の関係を計算して求めたグラフである。

【図8】本発明のモード変換領域を伝搬する導波光の垂直方向遠視野像半値幅と出射導波路幅の関係を計算して求めたグラフである。

【図9】本発明のモード変換領域を伝搬する導波光の水平垂直遠視野像半値幅アスペクト比と出射導波路幅の関係を計算して求めたグラフである。

【図10】本発明のモード変換領域を伝搬する導波光の共振器面での導波光分布入反射強度比と出射導波路幅の関係を計算して求めたグラフである。

【図11】本発明のモード変換領域を伝搬する導波光の水平方向遠視野像半値幅と後面導波路幅の関係を計算して求めたグラフである。

【図12】本発明のモード変換領域を伝搬する導波光の

共振器面での導波光分布入反射強度比と後面導波路幅の関係を計算して求めたグラフである。

【図13】本発明のモード変換領域を伝搬する導波光の水平方向遠視野像半値幅とモード変換領域長の関係を計算して求めたグラフである。

【図14】本発明のモード変換領域を伝搬する導波光の共振器面での導波光分布入反射強度比とモード変換領域長の関係を計算して求めたグラフである。

【図15】本実施形態1の半導体レーザ素子の変形例であり、モード変換領域の導波路IIの縁が指数関数的に変化する例を示す模式的平面図である。

【図16】本実施形態1の半導体レーザ素子の製造において、半導体基板上に活性層を含む半導体層を形成した状態を示す一部の断面図である。

【図17】本実施形態1の半導体レーザ素子の製造において、さらに半導体層を形成した状態を示す一部の断面図である。

【図18】本実施形態1の半導体レーザ素子の製造において、リッジストライプを形成した状態を示す一部の断面図である。

【図19】本実施形態1の半導体レーザ素子の製造において、埋め込み選択成長層を形成した状態を示す一部の断面図である。

【図20】本実施形態1の半導体レーザ素子の製造において、コンタクト層を形成した状態を示す一部の断面図である。

【図21】本実施形態1の半導体レーザ素子の製造において、絶縁膜マスクを形成した状態を示す一部の断面図である。

【図22】本実施形態1の半導体レーザ素子の製造において、p側電極及びn側電極を形成した状態を示す一部の断面図である。

【図23】本発明の他の実施例(実施例2)である半導体レーザ素子の模式的斜視図である。

【図24】本発明の他の実施例(実施例3)である半導体レーザ素子の模式的斜視図である。

【図25】本発明の他の実施例(実施例4)である半導体レーザ素子の模式的断面図である。

【図26】本発明の他の実施例(実施例5)である半導体レーザ素子の模式的断面図である。

【図27】本発明の他の実施例(実施例6)である半導体レーザ素子の模式的断面図である。

【図28】本発明の他の実施例(実施例7)である光記録システム装置を示す模式図である。

【図29】本発明の他の実施例(実施例8)である半導体レーザ素子を示す模式的断面図である。

【図30】本発明の他の実施例(実施例9)である光記録システム装置を示す模式図である。

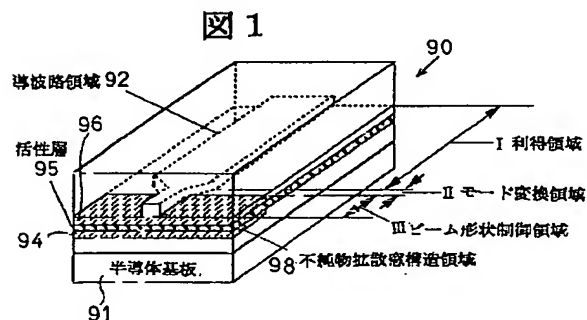
【図31】本発明の他の実施例(実施例10)である半導体レーザ装置を示す模式図である。

【図32】本発明の他の実施例(実施例10)であるファイバ増幅系システムを示す模式図である。

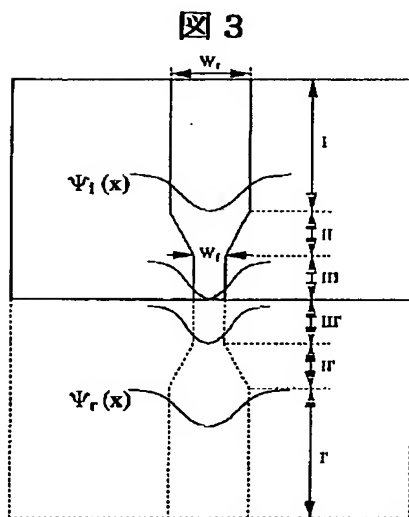
【符号の説明】

1…半導体 n 型GaAs基板、2…n 型GaAs緩和層、3…n 型AlGaInP 光導波層、4…GaInP/AlGaInP 歪補償多重量子井戸構造活性層、5…p 型AlGaInP 光導波層、6…p 型AlGaInP エッチング停止層、7…窓構造領域、8…p 型AlGaInP 光導波層、9…p 型GaInP 層、10…n 型AlGaAs又はAlGaInP透明電流狭窄層、11…n 型AlGaAs又はAlGaInP 電流非注入層、12…p 型AlGaInP/GaInP 光導波層、13…p 型GaAsコンタクト層、14…絶縁膜マスク、15…p側電極、16…n側電極、17…半導体 n 型GaAs基板、18…n 型GaAs緩和層、19…p 型AlGaAs又はGaInP 光導波層、20…GaInAs/AlGaAs 又はGaInAs/GaInAsP歪補償多重量子井戸構造層、21…窓構造領域、22…p 型AlGaAs又はGaInAsP エッチング停止層、23…イオン打ち込み又は不純物拡散層、24…p 型AlGaAs又はGaInP 光導波層、25…p 型AlGaAs又はGaInAsP 層、26…n 型AlGaAs又はAlGaInP透明電流狭窄層、27…n 型AlGaAs又はAlGaInP 電流非注入層、28…p 型AlGaAs又はGaInP 光導波層、29…p 型GaAsコンタクト層、30…絶縁膜マスク、31…p側電極、32…n側電極、33…光ディスク、34…光学凸レンズ、35…立ち上げミラー、36…ビームスプリッター、37…λ/4板、38…偏光分離回折格子、39…半導体レーザ素子、40…光学凸レンズ、41…受光素子、42…レーザ光、42b…反射光42b、43…半導体 n 型GaAs基板、44…n 型GaInP 緩和層、45…n 型AlGaAs又はAlGaInP 光導波層、46…AlGaInAs/AlGaAs 多重量子井戸構造活性層、47…p 型AlGaAs又はAlGaInP 光導波層、48…p 型AlGaInP エッチング停止層、49…p 型AlGaAs又はAlGaInP 光導波層、50…p 型GaAs又はGaInP 層、51…p 型GaInP 層、52…GaInP/AlGaInP 歪補償多重量子井戸構造活性層、53…p 型AlGaInP 光導波層、54…p 型AlGaInP エッチング停止層、55…p 型AlGaInP光導波層、56…p 型GaInP 層、57…イオン打ち込み又は不純物拡散層、58…n 型AlGaAs又はAlGaInP透明電流狭窄層、59…n 型AlGaAs又はAlGaInP電流非注入層、60…p 型AlGaAs又はAlGaInP/GaInP 光導波層、61…p 型GaAsコンタクト層、62…絶縁膜マスク、63…p側電極、64…n側電極、65…光ディスク、66…薄膜小型集積光ヘッド、67…分離回折格子、68…光学凸レンズ、69…レーザ光、70…入力光、71…分波器、72…混合器、73…ファイバ増幅、74…混合器、75…分波器、76…出力光、77a、77b…980nm半導体レーザ素子搭載増幅系モジュール、78…冷却装置、79…自動制御装置、90…半導体レーザ素子、91…半導体基板、92…導波路(導波路領域)、94、96…光導波層、95…活性層、98…不純物拡散窓構造領域、100…絶縁膜マス

【図 1】



【図3】



【図5】

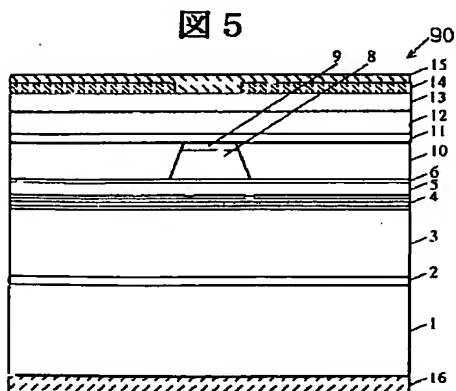
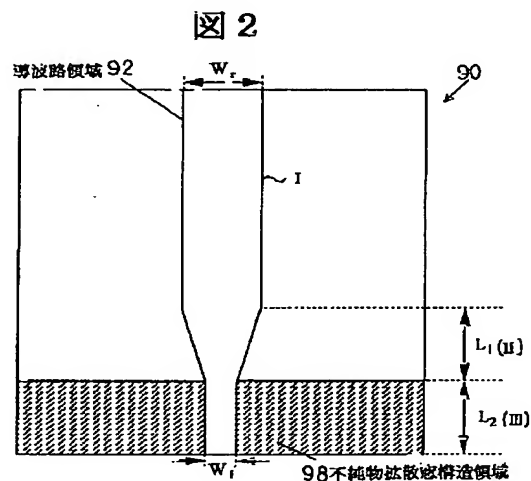
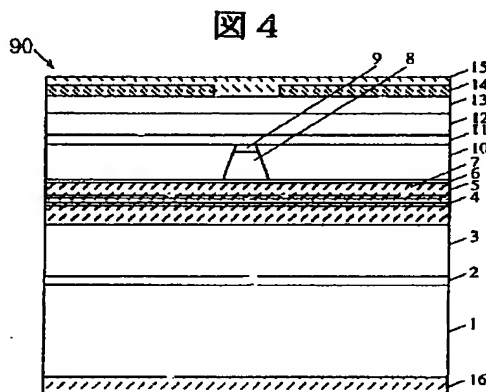


图 5

【図2】

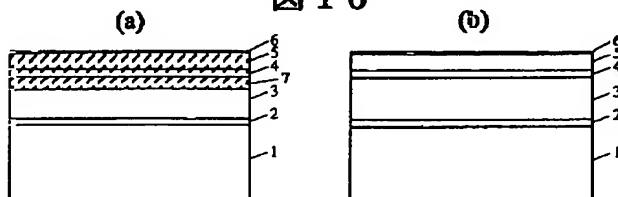


【図4】

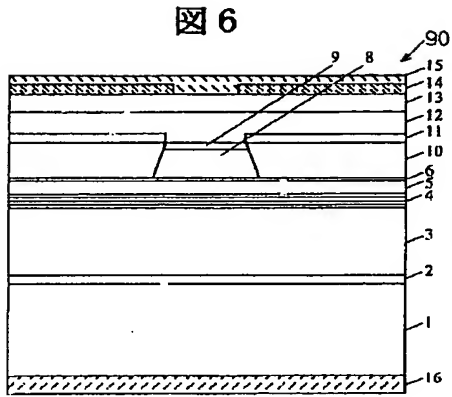


【図 16】

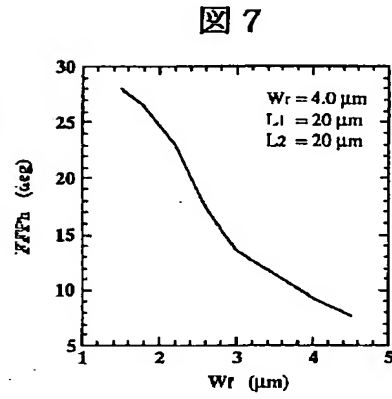
图 16



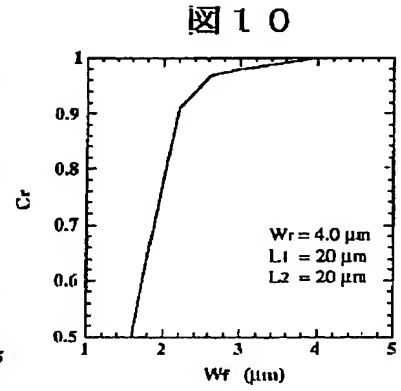
【図6】



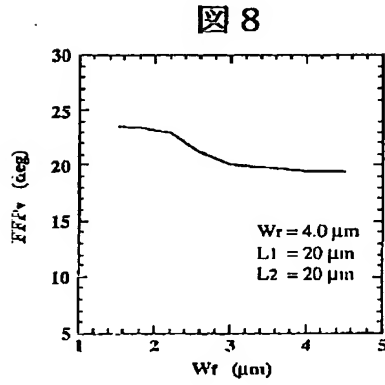
【図7】



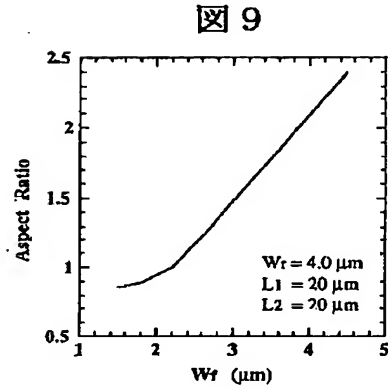
【図10】



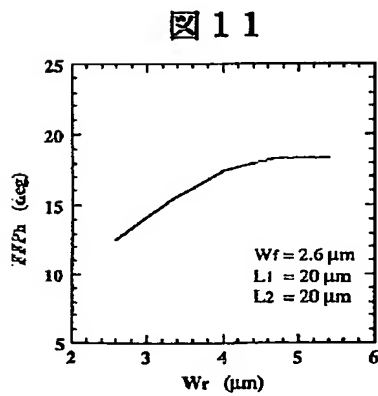
【図8】



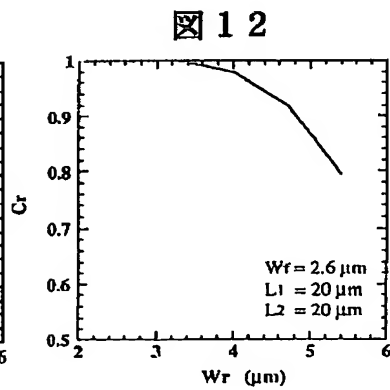
【図9】



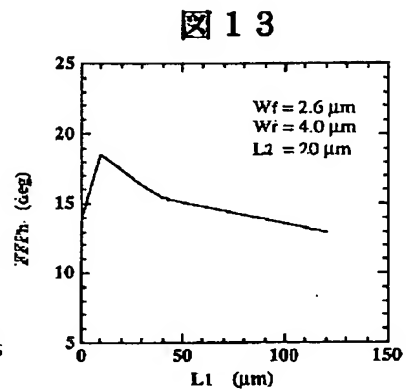
【図11】



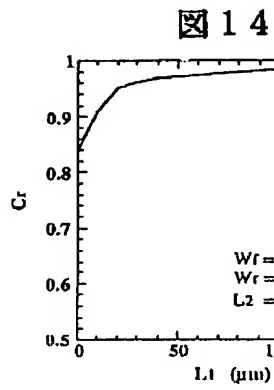
【図12】



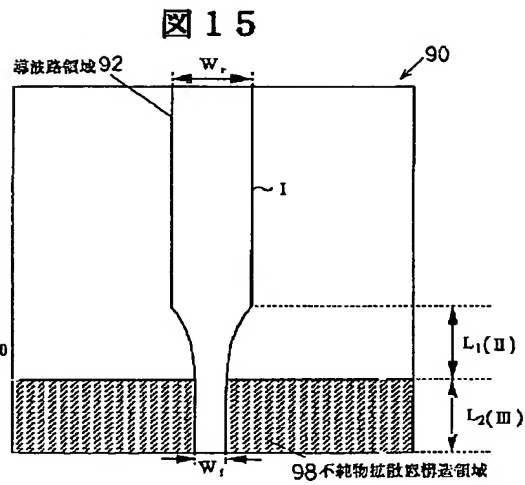
【図13】



【圖14】

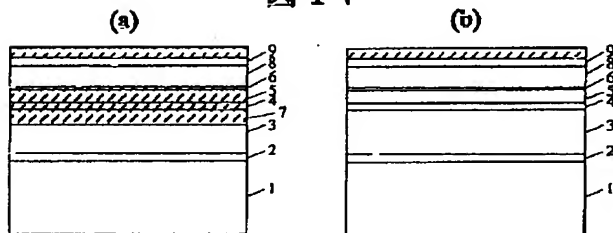


【圖15】



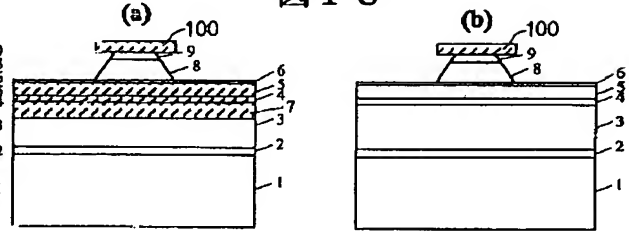
【圖17】

圖 17



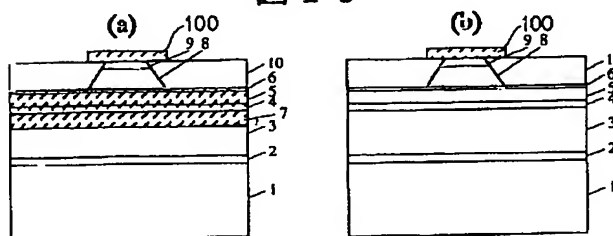
【圖18】

圖 18



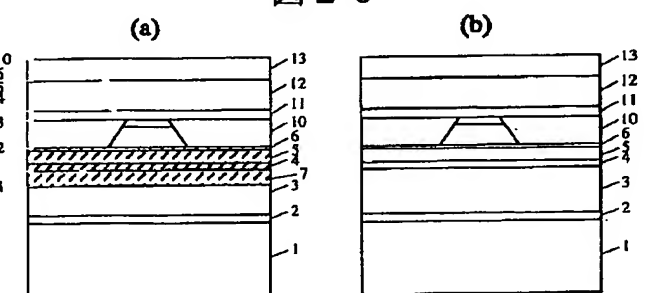
【圖19】

圖 19



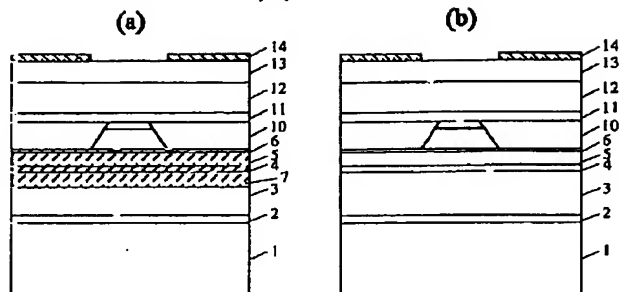
【圖20】

圖 20



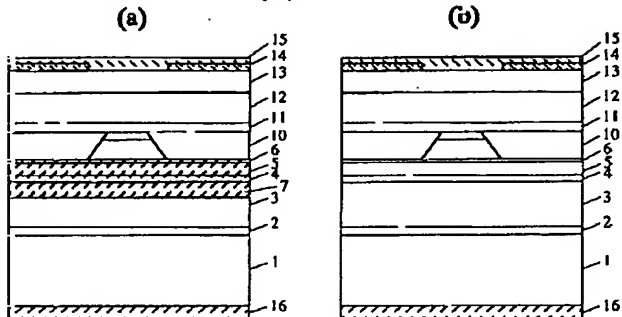
【図21】

図 2 1



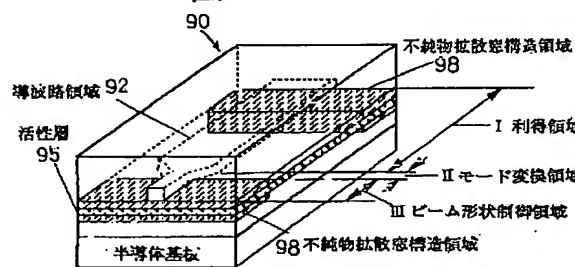
【図22】

図 2 2



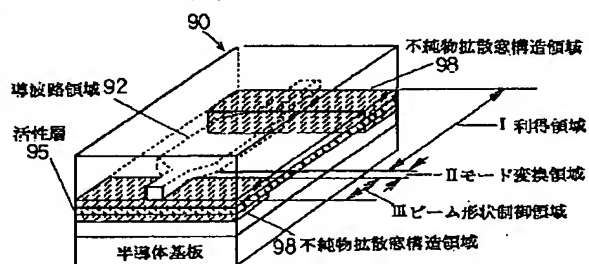
【図23】

図 2 3



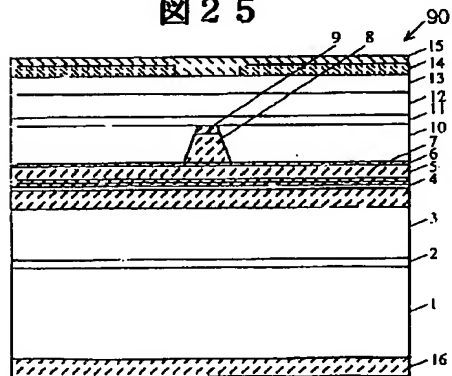
【図24】

図 2 4



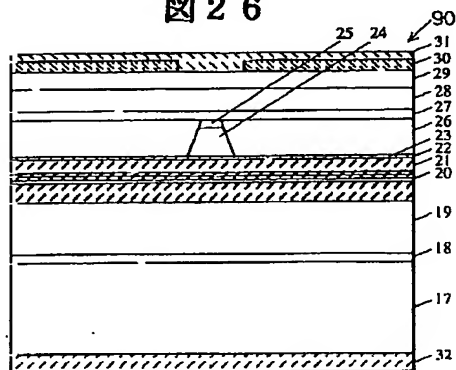
【図25】

図 2 5

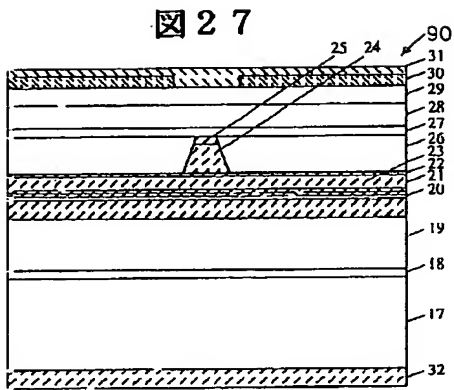


【図26】

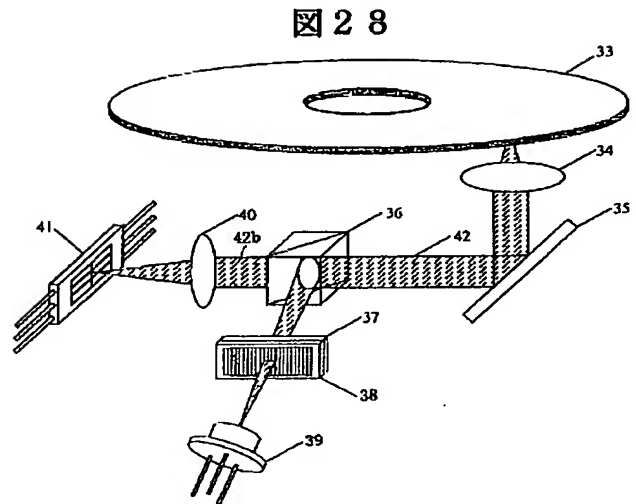
図 2 6



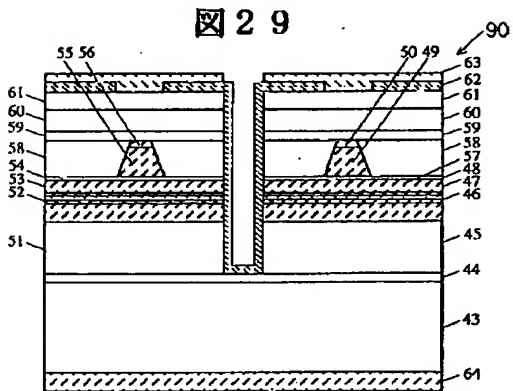
【図27】



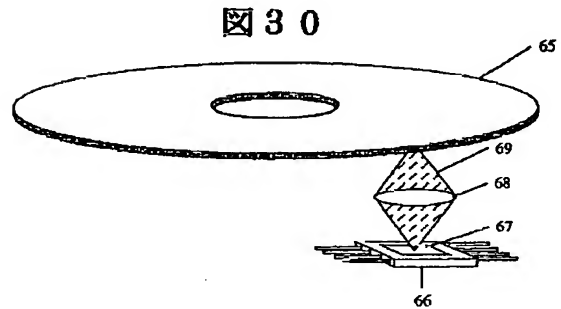
【図28】



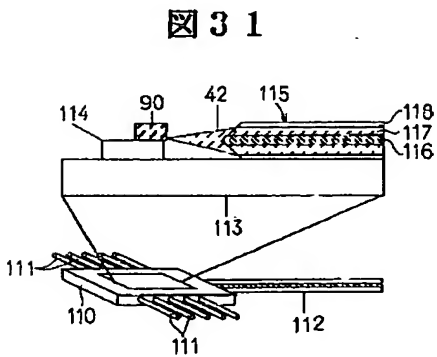
【図29】



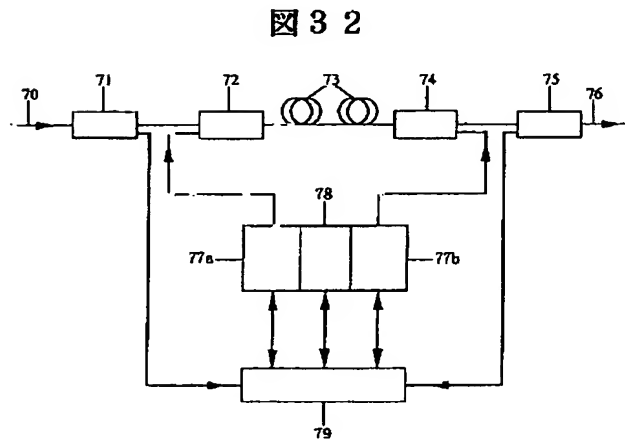
【図30】



【図31】



【図32】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5D119 AA04 BA01 DA01 DA05 EB03
FA05 FA16 FA18 NA04
5F073 AA09 AA13 AA74 AA87 AB27
AB28 AB29 BA02 BA05 CA14
CA15 DA05 DA12 DA14 EA20
EA23 EA29

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.